

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-03

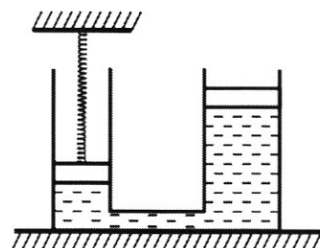
Шифр

(заполняется секретарём)

1. С высокой башни экспериментатор бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с. После достижения максимальной высоты камень пролетает рядом с экспериментатором и падает вниз на землю.

- 1) Через какое время t после броска величина скорости камня будет равна $2V_0$?
- 2) Найдите путь S , пройденный камнем от момента броска до момента достижения камнем скорости $2V_0$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. На горизонтальной поверхности расположены два цилиндрических сообщающихся сосуда (см. рис.), в которые налита жидкость плотности ρ . На свободных поверхностях жидкости находятся лёгкие поршни. Зазоров между стенками сосудов и поршнями нет. Левый поршень соединён пружиной жёсткости k с верхней опорой. Разность уровней жидкости в сосудах равна h . Площадь сечения левого поршня S , правого $1,5S$. Трение поршней о стенки сосудов пренебрежимо мало. Ускорение свободного падения g .

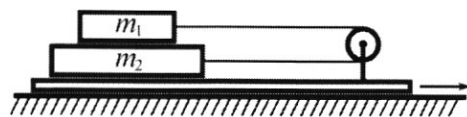


- 1) Найдите деформацию x пружины.
- 2) На правый поршень положили груз массой m . Найдите массу M груза, который следует положить на левый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

3. У двух планет Альфа-1 и Альфа-2 одинаковые радиусы R , а плотности планет равны, соответственно, $\rho_1 = \rho$ и $\rho_2 = 2\rho$. Гравитационная постоянная G . Объём шара $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.

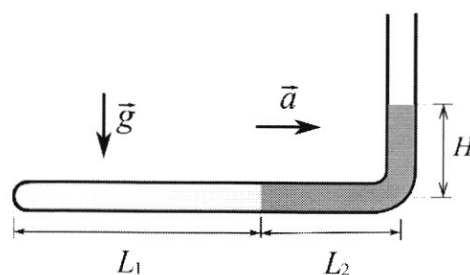
- 1) Найдите ускорение g свободного падения на расстоянии $4R$ от центра планеты Альфа-1.
- 2) Найдите отношение T_2/T_1 периодов обращения спутников, которые движутся по круговым орбитам вокруг данных планет. Высоты орбит спутников равны, соответственно $h_1 = 0,5R$ и $h_2 = 1,5R$.

4. На горизонтальном столе находится доска, на которой укреплен неподвижный блок, а также бруски, соединённые нитью. Массы брусков $m_1 = m$, $m_2 = 2m$. Коэффициент трения скольжения верхнего бруска по нижнему равен μ , трение между доской и нижним бруском отсутствует. Доску приводят в движение с постоянным ускорением, направленным вправо. Массой нити и блока, а также трением в оси блока можно пренебречь.



- 1) Найдите максимальное ускорение a_0 доски, при котором бруски не будут проскальзывать относительно друг друга.
- 2) Найдите силу T натяжения нити, если доска движется с ускорением $a > a_0$.

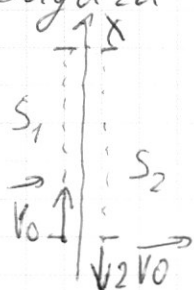
5. Тонкая изогнутая трубка состоит из горизонтального участка, запаянного с одного конца, и вертикального участка, открытого в атмосферу. Трубка заполнена двумя несмешивающимися жидкостями: плотности ρ_1 в горизонтальном участке, и плотности ρ_2 в горизонтальном и вертикальном участках (см. рис.). Трубка движется с ускорением $a = g/8$, направленным горизонтально. Геометрические размеры указаны на рисунке, $H = L$, $L_1 = 3L$, $L_2 = 2L$. Атмосферное давление P_0 .



- 1) Найдите давление P_1 в жидкости в месте изгиба трубки.
- 2) Найдите давление P_2 в жидкости у запаянного конца трубки.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №1



$$V_x(t) = V_0 - g t = -2V_0$$

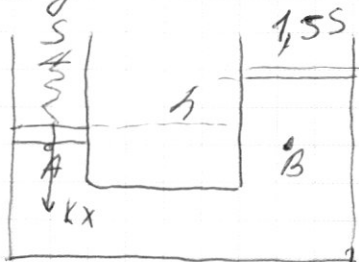
$$t = \frac{3V_0}{g} = \frac{3 \cdot 10}{10} = 3 \text{ с.}$$

$$S = S_1 + S_2$$

$$S_1 = \frac{V_0^2}{2g}, \quad S_2 = \frac{4V_0^2}{2g} \Rightarrow S = \frac{5V_0^2}{2g} = \frac{5 \cdot 10^2}{2 \cdot 10} = 25 \text{ м.}$$

Ответ: $t = \frac{3V_0}{g} = 3 \text{ с}; \quad S = \frac{5V_0^2}{2g} = 25 \text{ м.}$

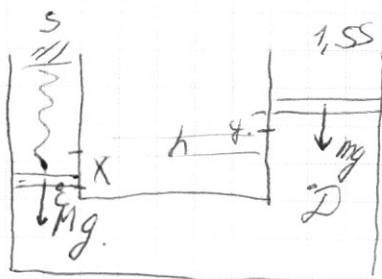
Задача №2



$P_A = P_B$ (по з. Паскаля)

$$\rho g h = \frac{kx}{S}$$

$$x = \frac{\rho g h S}{k}$$



$P_C = P_D$ (по закону Паскаля)

$$\frac{Mg}{S} = \frac{m g}{1.5S} + \rho g (h + x + y)$$

$$1.5yS = xS \Rightarrow y = \frac{x}{1.5}$$

$$M = \frac{m}{1.5} + \rho S \left(h + \frac{2.5 \rho g h S}{k} \right)$$

Ответ: $x = \frac{\rho g h S}{k}; \quad M = \frac{m}{1.5} + \rho S \left(h + \frac{2.5 \rho g h S}{k} \right)$

Задача №3

$$g_0 = G \frac{M}{(4R)^2} = G \frac{\rho \pi R^3 \cdot 4}{3 \cdot 4 R^2 \cdot 4} = \frac{G \rho \pi R}{12}$$

$$T_1 = \frac{\pi R}{v_1}; \quad T_2 = \frac{3\pi R}{v_2}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{3\pi R}{v_2} \cdot \frac{v_1}{\pi R} = \frac{3v_1}{v_2}$$

II.3. И. для I спутника

$$\frac{m_1 v_1^2}{R_1} = G \frac{M_1}{R_1^2}$$

$$v_1^2 = G \frac{M_1}{R_1} = G \frac{\frac{4}{3} \pi R^3 \rho}{1,5R} = 26 \pi R^2 \rho$$

II.3. И. для II спутника.

$$\frac{m_2 v_2^2}{R_2} = G \frac{M_2}{R_2^2}$$

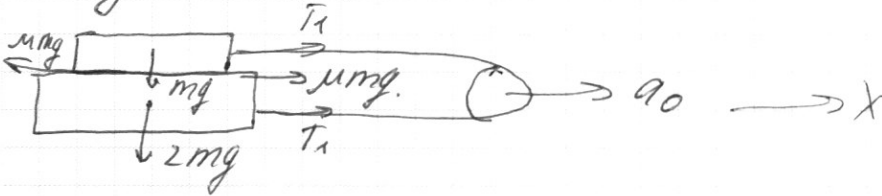
$$v_2^2 = G \frac{M_2}{R_2} = G \frac{\frac{4}{3} \pi R^3 \cdot 2\rho}{2,5R} = \frac{16}{15} G \pi R^2 \rho$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{3R \sqrt{2 \pi R G}}{4R \sqrt{\frac{\pi R G}{15}}} = \frac{3}{4} \sqrt{30}$$

Ответ: $g = \frac{G \rho \pi R}{12}$, $\frac{T_2}{T_1} = \frac{3}{4} \sqrt{30}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №4



При движении без проскальзывания ускорения
брусков равны.

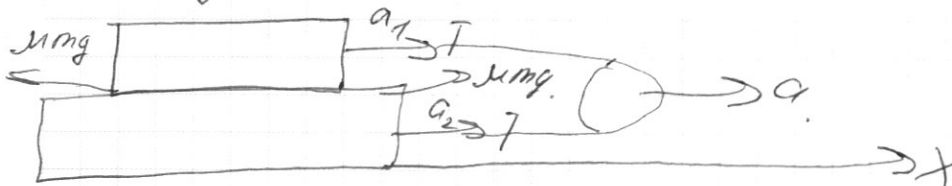
И.з.н. для верхнего бруска. (x)

$$T_1 - \mu mg = m a_0 \Rightarrow T_1 = m(\mu g + a_0)$$

И.з.н. для нижнего бруска (x)

$$\mu mg + T_1 = 2m a_0$$

$$2\mu g = a_0$$



И.з.н. для верхнего бруска (x)

$$T - \mu mg = m a_1 \Rightarrow a_1 = \frac{T - \mu mg}{m}$$

И.з.н. для нижнего бруска (x)

$$\mu mg + T = m a_2 \Rightarrow a_2 = \frac{T + \mu mg}{m}$$

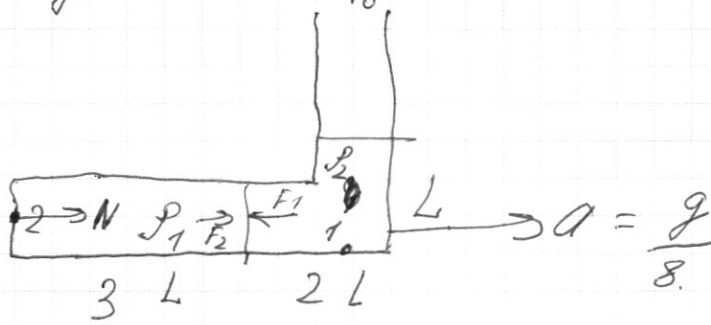
$$a_1 + a_2 = a \quad (\text{кин. связь})$$

$$\frac{T - \mu mg}{m} + \frac{T + \mu mg}{m} = a$$

$$a = \frac{2T}{m} \Rightarrow T = \frac{ma}{2}$$

Ответ: $a_0 = \frac{2\mu g}{2}$; $T = \frac{ma}{2}$

Задача N 5



$$P_1 = P_0 + \rho_2 g L$$

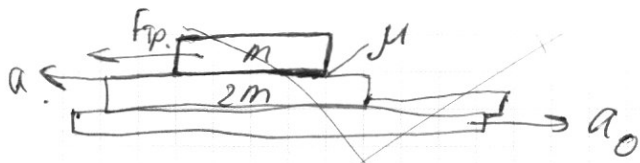
$$\text{II 3.К} \quad N + F_2 - F_1 = Ma$$

$$N + 3\rho L S g - 3\rho_2 L S g = 3LS(\rho_1 + \rho_2) \frac{g}{8}$$

$$N = \frac{27}{8} \rho_2 L S g - \frac{21}{8} \rho_1 L S g$$

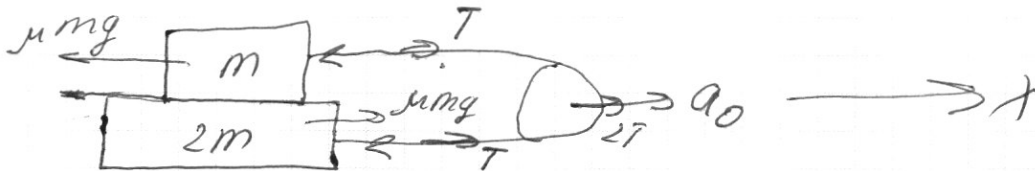
$$\rho_2 = \frac{N}{S} = \frac{27\rho_2 - 21\rho_1}{8} g$$

$$\text{Ответ: } P_1 = P_0 + \rho_2 g L; \quad P_2 = \frac{Lg(27\rho_2 - 21\rho_1)}{8}$$



$$\mu mg = \mu \lambda a$$

$$\text{@ } \mu mg = 2 \mu \lambda a$$



$$\text{@ } T - \mu mg = m a_0$$

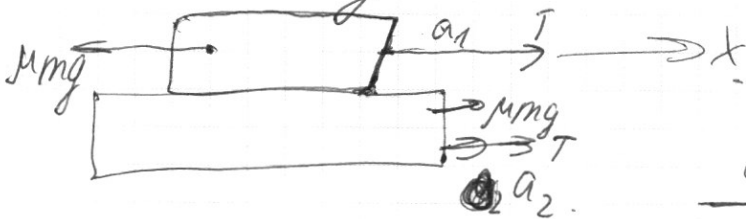
$$\text{@ } \mu mg + T = 2 m a_0$$

$$T = m(\mu g + a_0)$$

$$\mu mg + \mu mg = 2 m a_0 - m a_0$$

$$2 \mu mg = a_0$$

$$a_0 = 2 \mu g$$



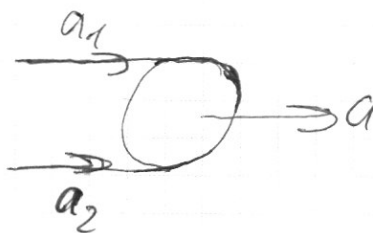
$$T - \mu mg = m a_1$$

$$\mu mg + T = m a_2$$

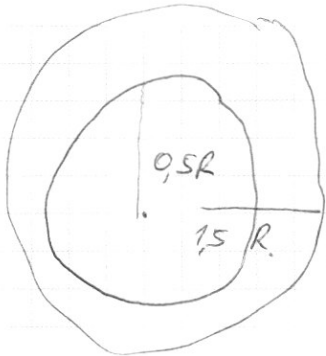
$$a_1 + a_2 = a$$

$$\text{@ } \frac{T - \mu mg}{m} + \frac{T + \mu mg}{m} = a$$

$$\frac{2T}{m} = a \Rightarrow T = \frac{ma}{2}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$T = \frac{2\pi R}{V}$$

$$\bar{T}_1 = \frac{\pi R}{V_1}$$

$$\bar{T}_2 = \frac{3\pi R}{V_2}$$

$$\frac{\bar{T}_2}{\bar{T}_1} = \frac{3\pi R}{V_2} \cdot \frac{V_1}{\pi R} = \frac{3V_1}{V_2}$$

$$\frac{V^2}{R} = a_{gs} \Rightarrow \frac{M V^2}{R^2} = G \frac{M m}{R^2}$$

$$\frac{4^2}{3} \cdot \frac{3}{8} \pi R^2 \rho$$

$$2 G \frac{4^2}{3} \cdot \frac{3}{8} \pi R^2 \rho = \frac{20}{3} G \pi R^2 \rho$$

$$2 G \frac{4}{3} \cdot \frac{2}{5} \pi R^2 \rho$$

$$\frac{16}{15} G \pi R^2 \rho$$

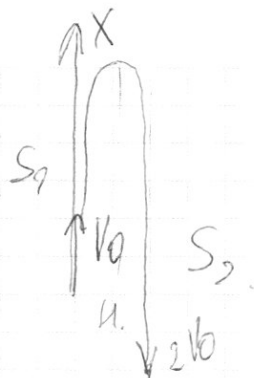
$$\frac{3}{4} \sqrt{\frac{2\pi R G \cdot 15}{\pi R G}} = \frac{3}{4} \sqrt{30}$$

$$\sqrt{\frac{9}{16} \cdot 30} =$$

$$\sqrt{\frac{270}{16}}$$

$$\begin{array}{r} 270 \overline{) 16} \\ \underline{160} \\ 100 \\ \underline{96} \\ 40 \\ \underline{48} \end{array} =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v_x(t) = v_0 - gt = -2v_0$$

$$v_0 t - \frac{gt^2}{2} + 2v_0 = 0$$

$$-\frac{gt^2}{2} + v_0 t - 2v_0 = 0$$

$$v_0 - gt + 2v_0 = 0$$

$$-5t^2 + 10t - 20 = 0$$

$$gt = 3v_0$$

$$D = 10^2 - 4 \cdot 20 \cdot 5 =$$

$$t = \frac{3v_0}{g} = 1 \text{ c.}$$

$$S = S_1 + S_2$$

$$S_1 = \frac{v_0^2}{2g}; \quad S_2 = \frac{4v_0^2 - v_0^2}{2g} = \frac{3v_0^2}{2g}$$

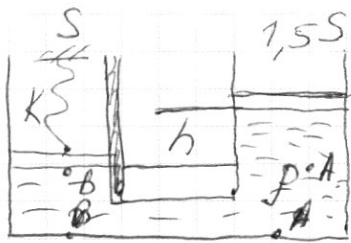
$$S_1 = \frac{5v_0^2}{2g} = \frac{2,5 \cdot 100}{10} = 25 \text{ м.}$$

$$S_1 = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$F = G \frac{mM}{R^2}$$

$$M = \frac{4}{3} \rho \pi R^3$$

$$g_1 = G \frac{M}{16R^2} = \frac{G \rho \pi R^3 \cdot 4}{4 \cdot 3 \cdot 16 \cdot R^2} = G \frac{\rho \pi R}{12}$$

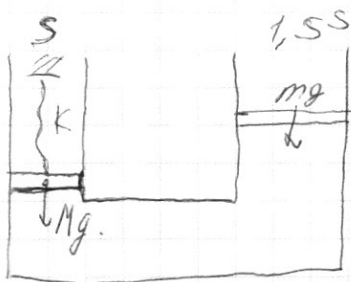


$$P_A = P_B \text{ (по закону Паскаля)}$$

$$\rho g h = \frac{KX}{S}$$

$$X = \frac{\rho g h S}{K}$$

~~$$\frac{KX}{S} = \frac{KX}{1.5S} + \rho g h$$~~
~~$$\frac{KX}{S} = \frac{KX}{1.5S} + \rho g h$$~~
~~$$\frac{KX}{S} = \frac{KX}{1.5S} + \rho g h$$~~



$$X = 1.5Y$$

$$Y = \frac{X}{1.5}$$

$$\frac{Mg}{S} = \frac{m}{1.5S} + \frac{\rho g (X + Y/h)}{1.5}$$

~~$$\frac{M}{S} = \frac{m}{1.5S} + \frac{\rho^2 g h S}{1.5K}$$~~

~~$$M = \left(\frac{m}{1.5S} + \frac{\rho^2 g h S}{1.5K} \right) S = \frac{m}{1.5} + \frac{\rho^2 g h S^2}{1.5K}$$~~

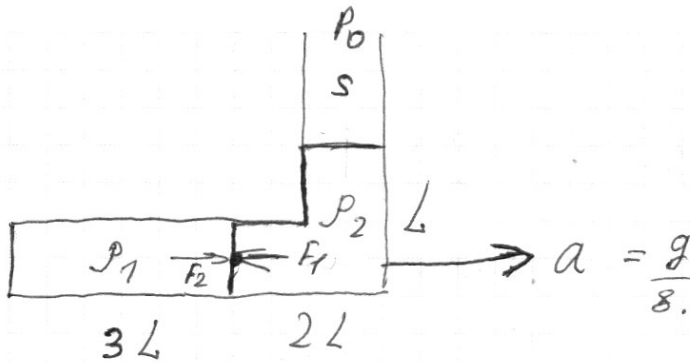
~~$$KX + \frac{KX}{1.5} = \frac{KX}{1.5} + \frac{KX}{1.5} + \frac{KX}{1.5}$$~~

$$2.5X = \frac{2.5\rho g h S}{K}$$

$$\frac{Mg}{S} = \frac{m}{1.5S} + \rho g h + \rho g X + \frac{\rho g X}{1.5}$$

$$M = \frac{m}{1.5} + \rho S \left(h + \frac{2.5\rho g h S}{K} \right)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



~~$P_1 = P_1 g t$~~

$a_{max} =$

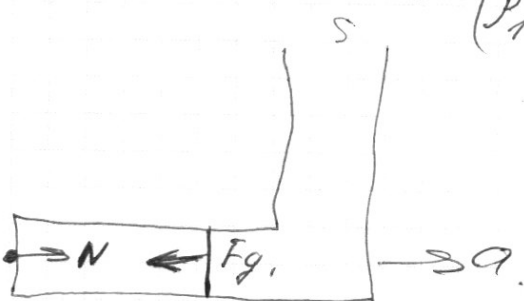
$$F_2 - F_1 = M a_{max}$$

$$-P_2 g L s + F_2 = (3P_1 L s + 2P_2 L s + P_2 L s) a_{max}$$

~~$$P_1 L s g - P_2 L s g = a_{max} (3P_1 L s + P_2 L s)$$~~

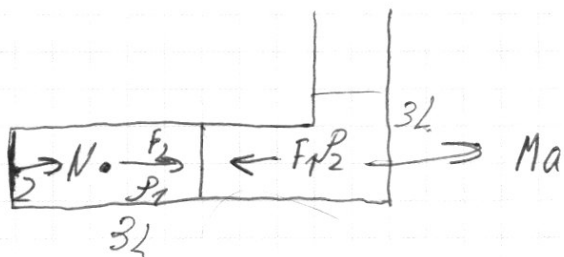
$$P_1 g - P_2 g = a_{max} (P_1 + P_2)$$

$$a_{max} = g \frac{(P_1 + P_2)}{(P_1 + P_2)}$$



$$N - F_g = M a$$

$$N - (P_0 + P_2 g L) s = 3 L s (P_1 + P_2)$$



$$N + F_2 - F_1 = Ma.$$

$$N + 3P_1 L S g - 3P_2 L S g = 3L S (P_1 + P_2) \frac{g}{8}$$

$$M = \frac{3L S g (P_1 + P_2)}{8} - \frac{P_1 + P_2}{8(P_1 - P_2)}$$

$$N = 3L S (P_1 + P_2) \frac{g}{8} - 3P_1 L S g + 3P_2 L S g =$$

$$= \frac{3L S P_1 g}{8} + \frac{3L S P_2 g}{8} - 3P_1 L S g + 3P_2 L S g =$$

$$= \frac{-21L S P_1 g}{8} + \frac{27}{8} P_2 L S g.$$

$$P_2 = \frac{N}{S} = \frac{27P_2 L g - 21L P_1 g}{8}$$